

Wat de constructeur



Foto: Agustín Sagasti (Photo)Wicona (System solutions in Aluminium)

Hoofdkantoor Ortona Ido in Hernani (ES) met aluminium dakbekleding.

Er zijn meer overeenkomsten tussen staal en aluminium dan wordt gedacht, al zijn er zonder meer verschillen. Aluminium is inmiddels weliswaar een bekend materiaal, maar het constructief ontwerpen met aluminium blijft tot op heden toch een niche. Inleiding in aluminium.

drs.ir. A.J. Hogewoning

Albert Hogewoning is eigenaar van ontwerpbureau Highrise Design in Sassenheim.

De wereld van het staal kent een brede groep van ingenieursbureaus, die klanten helpen om projecten en producten goed te ontwerpen, voordat deze worden vervaardigd. Het constructief ontwerp is voor staal daarmee een dienst die een klant in veel gevallen kan 'inkopen'. Sommigen van deze bureaus kunnen daarnaast redelijk uit de voeten met aluminium, maar veelal is deze kennis behouden aan gespecialiseerde OEM's (Original Equipment Manufacturer) en gespecialiseerde fabrikanten. Ontwerpen houdt echter niet op bij het leveren van een basisontwerp of het constructieve ontwerp. Het maken van een begroting, oog voor de maakbaarheid en het vinden van de juiste fabrikant of leverancier horen daar nadrukkelijk ook bij. Voor aluminium geldt dat de kennis minder wijdverbreid is dan voor staal. Onderstaande, korte 'inleiding' in aluminium biedt de constructeur een eerste, globale kennismaking met relevante aspecten.

Metalen

Staal en aluminium zijn metalen. Het gedrag van aluminium is constructief gezien op hoofdlijnen helemaal niet zoveel anders dan het gedrag van staal. Door goed de overeenkomsten en verschillen tussen beide materialen te onderkennen, kan een aluminium-constructeur prima kennis vanuit het bouwen met staal toepassen op zijn aluminium ontwerp. Een eerste overeenkomst is dat aluminium in vele soorten verkrijgbaar is. Net zoals we staal kennen in verschillende soorten en kwaliteiten, bestaan er tientallen aluminiumlegeringen, elk met een eigen chemische samenstelling en eigen productieproces. Er is een groep van technisch zuiver aluminium verkrijgbaar, maar voor de meeste soorten aluminium die we om ons heen zien, geldt dat aluminium met een kleine hoeveelheid andere metalen is gelegeerd. Denk bijvoorbeeld aan koper, silicium, magnesium, mangaan en zink. De toevoegingen beïnvloe-

den de karakteristieken en toepassing van het materiaal sterk. Daarnaast kan de fabrikant van profielen, platen en gietdelen middels het productieproces van de halffabricaten additioneel zorgen voor specifieke rek en sterkte.

Specifieke eigenschappen

Aluminium is verkrijgbaar in een brede waaier van kwaliteiten met ieder heel specifieke eigenschappen. Om overzicht te houden kent Europa een indeling in categorieën. In vogelvlucht onderscheiden we allereerst kneedlegeringen (walsen, extruderen) en gietlegeringen. Vervolgens zijn er acht hoofdgroepen (1000 t/m 8000), ingedeeld op grond van legering. Binnen een hoofdgroep is er een ruime keuze aan genormeerde soorten aluminium, vaak elk nog met heel specifieke eigenschappen en een genormeerd fabricageproces. Het is belangrijk dat constructeurs weten dat er een grote diversiteit is: een met koper gelegeerd aluminium uit de EN AW 2000-groep heeft bijvoorbeeld een goede stroomgeleiding, maar is slecht lasbaar en matig corrosiebestendig. Prima als geleidingsmateriaal voor hoogspanningsleiding, maar niet om constructief mee te werken. In dat geval zoeken we de materialen eerder in de zogenaamde EN AW 5000-, EN AW 6000- & EN AW 7000-groepen: legeringen met magnesium,

moet weten

silicium en zink: goede corrosiebestendigheid, lasbaarheid, goede vervormbaarheid en zeker in de EN AW 6000-groep vaak met hoge rekgrens.

Qua sterkte komen deze laatste soorten goed in de buurt van de 'normale' staalsoorten.

De rekgrens van bijvoorbeeld EN AW 6082 komt ver: met een rekgrens tot boven 260 N/mm² is het op dat punt dus sterker dan S235. Terwijl het daarbij een factor 3 lichter is. Hier spelen echter ook weer andere factoren: deze rekgrens kan bijvoorbeeld sterk teruglopen na lassen. Iets dat natuurlijk niet onbelicht kan of mag blijven bij het ontwerpen van constructies. Deze teruggang in sterkte is soms wel weer deels te herstellen met uitvoering van een warmtebehandeling.

Lasbaarheid

Veel soorten aluminium zijn goed lasbaar. Zowel TIG & MIG zijn breed beschikbaar en ook de inzet van lasrobots is mogelijk. Er zijn wel enige aandachtspunten ten opzichte van het lassen van staal: bij aluminium kan de sterkte van het moedermateriaal teruglopen in de buurt van een las. Afhankelijk van het type aluminium en de las-procedure kan dit tot wel 50% reductie op sterkte geven. Ook hier is dus de constructeur aan zet om 'het kind niet met het badwater weg te gooien'. Ofwel, hoe ontwerp je een lichte constructie, die ook echt licht kan worden gefabriceerd? Door een optimaal ontwerp is dit aspect in veel gevallen goed te beheersen: bijvoorbeeld door lassen te mijden op de hoogst belaste plaatsen en het gebruiken van verbindingstechnieken als bouten en klinken. Daarnaast is er ook een bijzondere lastechniek beschikbaar: Friction Stir Welding (FSW). Hierbij wordt met een geringe warmte-inbreng door een speciale machine een las gelegd zonder toevoegmateriaal. Een proces zonder het bekende smeltbad dus. Dit beperkt vervormingen in geval van lassen aan dunne plaat, maar beperkt ook de genoemde terugloop in sterkte. Op dit moment is de inzet van deze lastechniek vaak nog beperkt

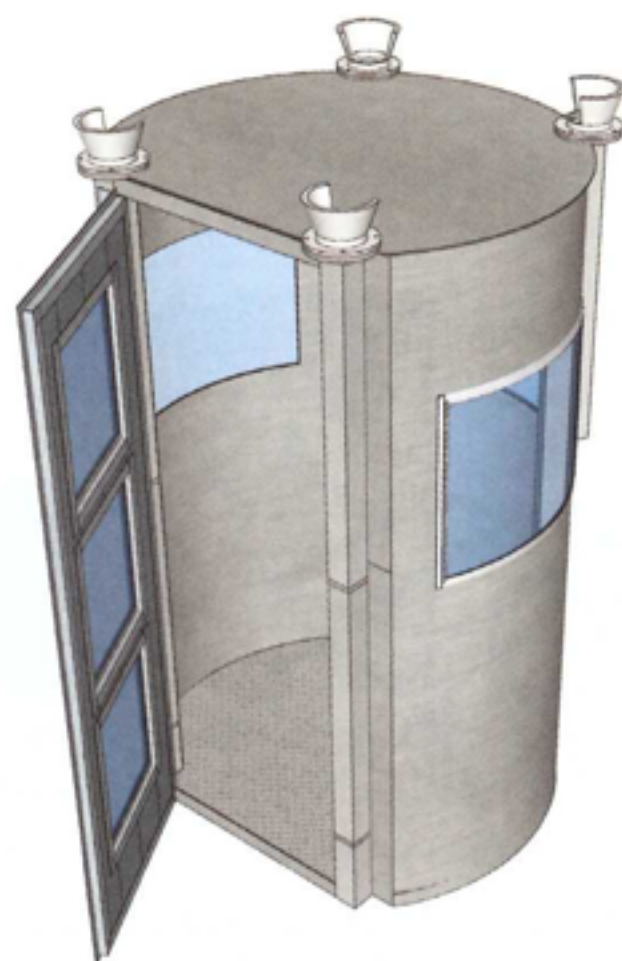
tot lange lassen in een plat vlak. Maar de techniek schrijdt voort: het lassen aan ronde buizen is al beschikbaar en het is te verwachten dat met robottechniek het toepassingsgebied nog sterk wordt uitgebreid naar het lassen van 3D-vormen.

Dragende delen

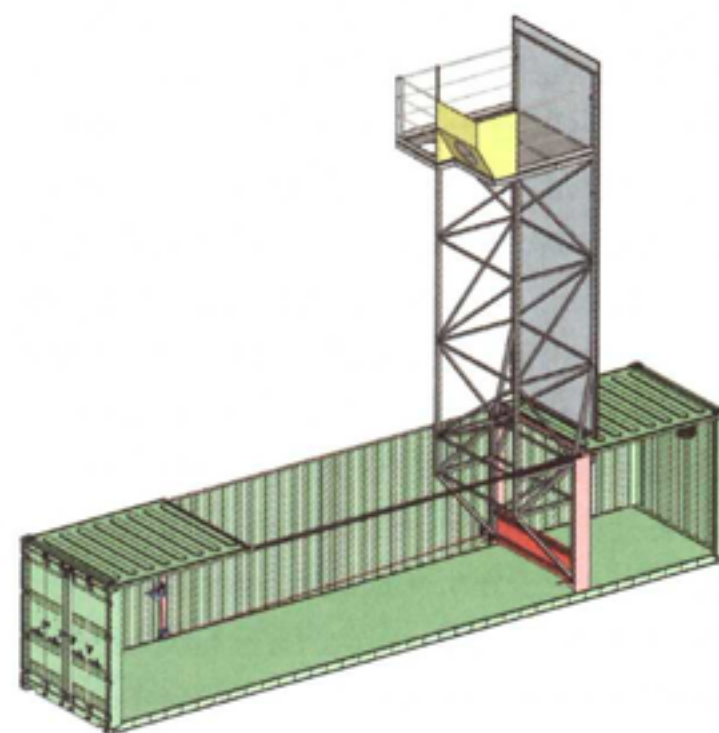
Natuurlijk wordt aluminium al toegepast in de sectoren bouw en infra. Je ziet het materiaal al in gevels, daken en afwerking. Maar de laatste jaren ook meer en meer in dragende delen. In gebouwen wordt het met name toegepast waar de constructie licht moet zijn. Bijvoorbeeld in combinatie met glas, denk aan serres en atriums. In infra zie je het materiaal in bruggen voor licht verkeer, maar bijvoorbeeld ook bij bewegende bruggen en/of brugdekken. Ten slotte wordt aluminium ook veel toegepast vanwege de positieve eigenschappen qua corrosie. Lichtmasten, verkeersportalen maar ook bijvoorbeeld de meeste draagsystemen voor solarpanels zijn in aluminium uitgevoerd. Hier speelt met name dat aluminium in veel gevallen zonder enkele vorm van aanvullende bescherming levenslang mee kan gaan. Dit scheelt niet alleen in de kostprijs van het product bij aanvang, maar meer nog in het wegvallen van een flinke post aan regulier onderhoud, in de vorm van conservering. De kennis van de ontwerper is hier wel belangrijk. Naast het toepassen van de juiste soort aluminium, moet bijvoorbeeld galvanische corrosie voorkomen worden: bij toepassen van staal en aluminium in één ontwerp, zijn in sommige gevallen additionele maatregelen noodzakelijk.

Toepassingen

De mogelijkheden van aluminium in bouw en infra zijn groot, de toepassing staat in deze sectoren feitelijk nog maar in de kinderschoenen. Bijvoorbeeld de vliegtuig-, trein- en auto-industrie lopen hierin ver voorop. Dit mede doordat specifiek de gewichtsvoordelen hier zwaar wegen. Voor de sectoren



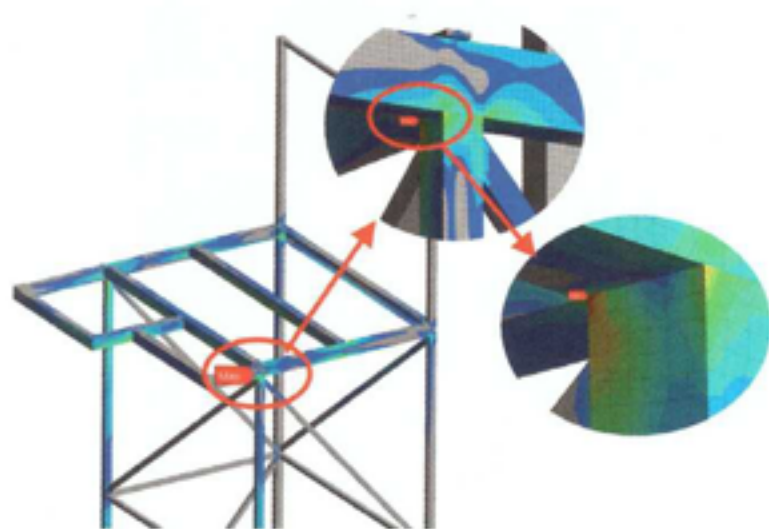
Lichtgewicht cabine voor het Offshore Access System van Eagle Access.



Gecontaineriseerde, beweegbare aluminium klimtoren.



FEM-berekening aluminium constructie (1).

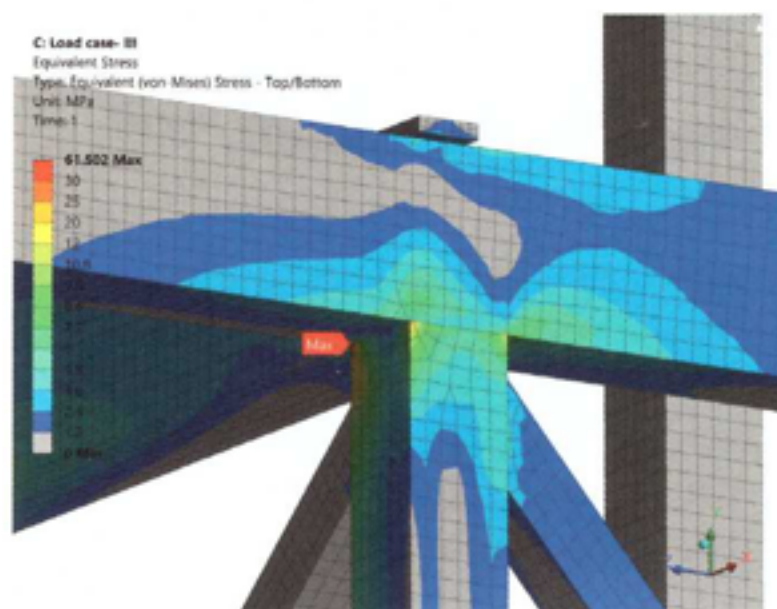


FEM-berekening aluminium constructie (2).

bouw en infra kan het zijn dat het materiaal in sommige gevallen gewoon niet sterk genoeg is, in andere gevallen onvoldoende stijf. De beschikbaarheid van met name hele grote profielen is beperkter dan we bij staal gewend zijn. Daarnaast maken bepaalde eigenschappen van aluminium (bijvoorbeeld meer gevoelig voor vermoeiing en een lagere brandwerendheid dan staal) het minder goed toepasbaar in specifieke gevallen. Maar met een gedegen ontwerp is heel veel mogelijk. Al is het gebruik van aluminium natuurlijk geen doel op zich: het moet uiteindelijk de klant of eindgebruiker voordeel bieden. Ter illustratie een recent project: het Offshore Access Systeem van Eagle Access. Dit elektrisch aangedreven werktuig is in principe een grote, gebalanceerde kraan, die personeel kan overzetten van een bewegend schip naar vaste windmolens in offshore parken. De kraan is nu geheel uit staal gefabriceerd. Maar de cabine zelf is uiterst licht uit aluminium geconstrueerd. Logisch: de sterke kraan kan een maximum nuttige last verplaatsen: een lichtere cabine maakt dat deze kraan meer mensen kan transporteren. Zo zijn staal en aluminium daar dus in balans.

Toepassing

Kunnen onze staalconstructeurs dan 'zomaar' uit de voeten met de verschillende materialen? In geval van beton en composiet (staal-beton) is de stap wellicht best groot. Maar de metalen staal en aluminium liggen wel wat dicht op elkaar: er is bijvoorbeeld een grote gelijkvormigheid tussen Eurocode 9 (aluminium) en Eurocode 3 (staal). Een staalconstructeur die in deze laatste norm goed de weg weet, zal veel herkennen in de aluminium norm.

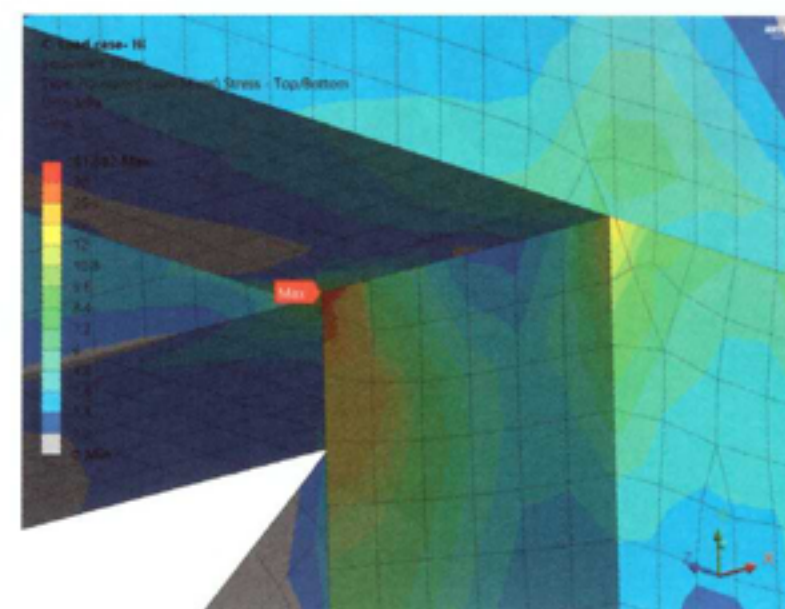


FEM-berekening aluminium constructie (3).

Maar er zijn wel degelijk veel belangrijke verschillen. Voor de constructeur heeft aluminium een aantal voordelen ten opzichte van staal. Het is behoorlijk lichter: De soortelijke massa is slechts 1/3, al lever je qua sterkte en stijfheid ook weer wat in. Een goed ontwerp kan als vuistregel het gewicht van een constructie vaak tot de helft reduceren. Aluminium biedt verder door de mogelijkheid van het extruderen van 'profielen naar eigen ontwerp' een grote ontwerpvrijheid. Je bent dus minder gebonden aan de bekende staalprofielboekjes. Een ontwerper kan daardoor een constructie ver optimaliseren. Dit is handig met oog op sterkte, dus door het materiaal precies daar te brengen, waar je het wilt hebben. Maar het is ook handig bij het integreren van allerlei secundaire functies en verbindingstechnieken. Denk aan profilering voor kozijnen, bevestigingssleuven, geïntegreerde scharnieren of klikverbindingen.

Lastig

Aluminium heeft constructief gezien ook een aantal lastigere eigenschappen: niet alleen het gewicht, maar ook de E-modulus is met slechts 1/3 van staal veel lager. Het is dus echt minder stijf dan staal. Een aluminium constructie kent daardoor relatief grote vervormingen. Deze constructies zijn om deze reden vaak rank of 'slender'. Dit introduceert voor de hogere, slanke profielen een zekere kwetsbaarheid voor knik en plooi. Een aluminium berekening zal daarom op dat punt veelal bewerkelijker en soms ook lastiger zijn. Een ander aspect om rekening mee te houden: vermoeiing. Aluminium kent met name in het bereik van relatief lage spanningswisselingen

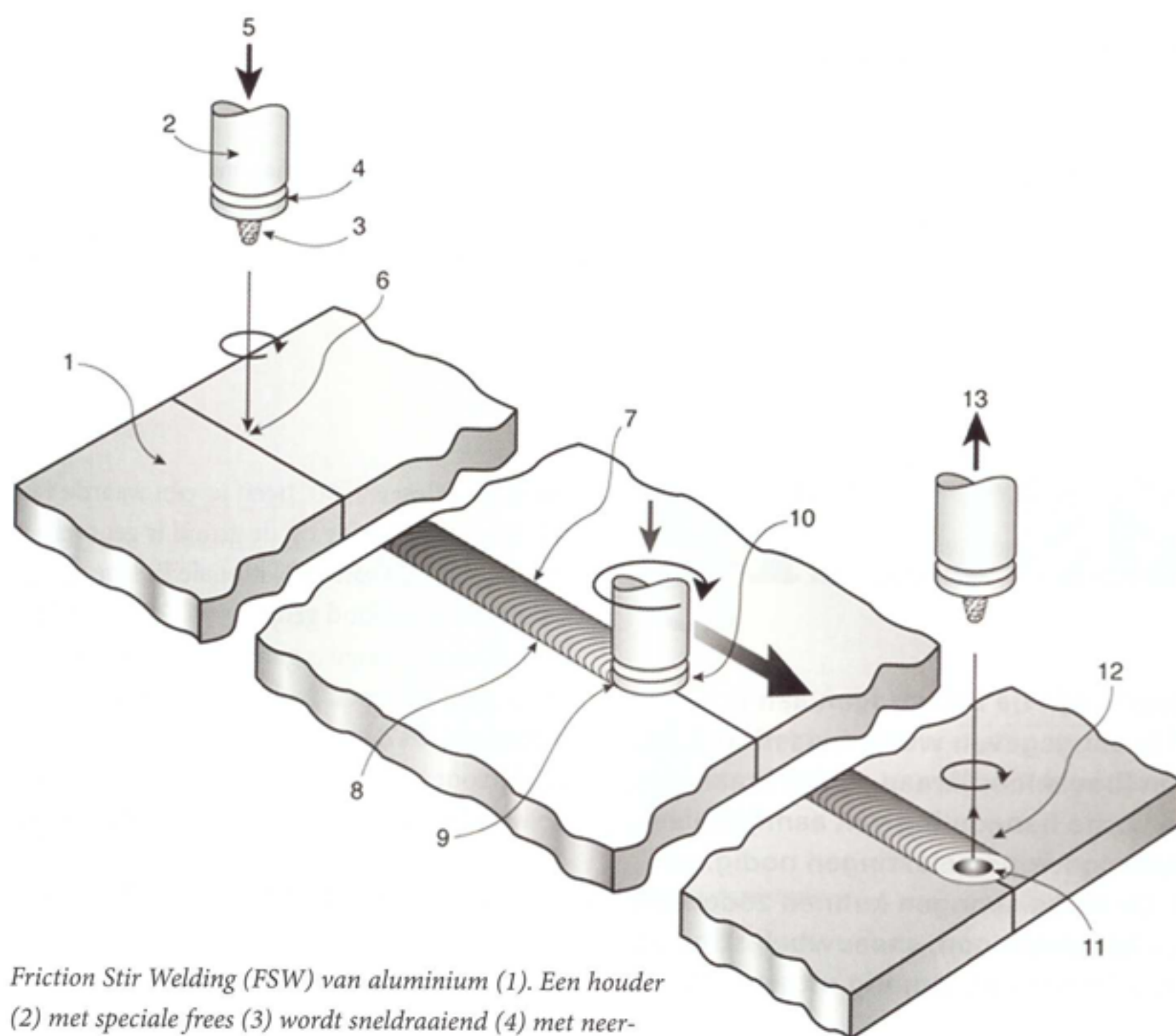


FEM-berekening aluminium constructie (4).

nog steeds een afname van levensduur, die je wel moet beoordelen. Een aspect dat de constructeur dus meer dan bij staal zal moeten verifiëren. Ook al is de wijze van de beoordeling dan wel weer vergelijkbaar met staal. Uiteindelijk worden voor het ontwerpen en berekenen van aluminium constructies vergelijkbare tools als CAD-software en FEM-pakketten gebruikt, zij het met specifieke, vaak optionele modules of extra routines. De wijze van berekenen lijkt veel op de reguliere aanpak in staal. De illustraties van de gecontaineriseerde, beweegbare aluminium 'klimtoren' (p. 43 en 44) zullen menig constructeur daardoor dus niet heel vreemd voorkomen. Hier is voor aluminium gekozen om de klimtoren eenvoudig met de hand overeind te kunnen zetten. De veiligheidstrainingen kunnen hierdoor voortaan bij de klant zelf worden uitgevoerd. Het resultaat is een lichte mobiele installatie die in een reguliere container past.

Brandwerendheid

En hoe zit het met brandwerendheid? We hebben recent in Engeland een tragische situatie meegemaakt met de Grenfelltoren. Qua brandwerendheid komt aluminium in de basis minder goed naar voren dan staal: het smeltpunt is ongeveer de helft (~600 °C) dan dat van reguliere staalsoorten. Maar in veel gevallen kan aluminium wel degelijk veilig toegepast worden. Zonder een oordeel te willen of kunnen uitspreken over de specifieke situatie in Londen: voor elk materiaal geldt wel dat je het geschikte product voor de toepassing moet selecteren. Aluminium zelf wordt net als staal niet ontvlambaar geacht. Maar met name in het temperatuurgebied boven 170 °C is er wel



Friction Stir Welding (FSW) van aluminium (1). Een houder (2) met speciale frees (3) wordt sneldraaiend (4) met neerwaartse kracht (5) in de lasnaad (6) gedrukt. Een roerbad (7) vormt zich van beide materialen (8), vormbaar door frictiewarmte vanuit rotatie (9) en translatie (10) van de frees. Aan het eind blijft een inprint (11) in de lasuitloop (12).



Beeld en tekening: Hydro Extrusion.

degelijk verschil. De belastbaarheid van een aluminium constructie zal bij deze hoge temperatuur gaan teruglopen. Met kans op bijvoorbeeld instorting. Net als bij staal kan en moet men in geval van dragende constructies, die bestand moeten zijn tegen brand, mogelijk overgaan tot bescherming van het materiaal met warmtewerende materialen of coating(s). Technisch allemaal prima mogelijk, al maken zulke maatregelen soms

het materiaal een minder aantrekkelijke keuze. En er is tot op heden nog een minder brede range aan warmtewerende systemen beschikbaar, dan bij staal het geval is. Dit laatste wordt nu wel langzamerhand een stuk ingelopen. Er wordt momenteel veel kennis ontwikkeld over het veilig toepassen van aluminium in bouwwerken. De vakgroep Aluminium Structures aan de TU Eindhoven speelt hierin een prominente rol.

Milieulast

Het onderwerp milieu kan niet onbenoemd blijven. Het fabriceren van aluminium heeft het imago energie-intensief te zijn. En daarmee is de CO₂-uitstoot direct een thema. Deze uitstoot kan nadrukkelijk ver worden teruggebracht, ook al zou je op basis van de relatief energie-intensieve productie van het basismateriaal anders verwachten. De herkomst van de energie voor elektrolyse is natuurlijk een eerste factor (aluminium uit Scandinavië en Canada is veelal schoon door gebruik van energie uit waterkracht). Aluminium kent echter enkele voordelen ten opzichte van andere materialen. Allereerst is het materiaal uiterst duurzaam; een lange levensduur van de producten, zonder dat het materiaal door corrosie degenereert en zonder dat vervuilende conserveringsproducten toegepast worden.

Duurzaam investeren

Maar belangrijker is de mate van hergebruik. Recyclen van aluminium is uiterst gunstig, dit vergt relatief weinig energie, namelijk maar zo'n 5% ten opzichte van nieuw primair aluminium. Bovendien is gerecycled aluminium goed opnieuw toe te passen zonder noemenswaardig verlies in kwaliteit. Bij wijze van spreken kan een leeg colablikje een nieuw leven als vliegtuigonderdeel ingaan. Het hergebruik voor aluminium ligt om genoemde redenen heel hoog. Veel nieuwe aluminium profielen en platen bestaan inmiddels voor een zeer groot deel uit gerecycled aluminium. De initiële energie nodig voor het eerste primaire aluminium blijkt hierdoor uiteindelijk dus een uiterst waardevolle, duurzame en goed renderende investering.

Het is jammer dat dit laatste aspect vaak onderbelicht blijft. Hier ligt nadrukkelijk een taak voor de (onlangs opgerichte) branchevereniging de 'Dutch Aluminium Association' (DAA). Middels een juiste voorlichting en goede presentatie van aluminium, bijvoorbeeld in de Nationale Milieu Database, kan dit misverstand opgelost worden. Nu op Europees niveau recycling en cradle-to-cradle-aspecten beter gewaardeerd gaan worden in de beoordeling van materialen, zullen staal en aluminium hier hun positie sterk kunnen verbeteren. •